

沥青路面裂缝成因及快速修复技术

何友松

渠县公路事业发展中心，四川省达州市，635200；

摘要：本文聚焦沥青路面裂缝问题，深入探讨其成因并详细介绍快速修复技术。研究分析设计、施工、环境及交通荷载等因素对裂缝产生的影响，其中设计缺陷如结构层厚度不合理、施工质量问题如接缝处理不当、环境因素如温度变化与水损害、交通荷载如重载车辆反复碾压等均是重要诱因。同时阐述灌缝技术、表面封层技术、罩面技术等常见修复方法的特点与适用范围，例如灌缝技术适用于窄小裂缝，表面封层技术针对网状轻微裂缝，罩面技术可解决严重病害与功能衰减问题。旨在为道路养护部门提供全面技术参考，通过科学施策有效延长沥青路面使用寿命，保障道路安全畅通。

关键词：沥青路面；裂缝成因；快速修复技术；道路养护

DOI：10.69979/3029-2727.25.08.002

沥青路面因行车舒适、施工高效等优势，成为公路建设的主流选择。但裂缝作为其常见病害，不仅破坏道路美观，还会降低路面平整度，加速路面结构损坏。一旦雨水沿裂缝渗入，更会侵蚀路基，大幅缩短道路使用寿命。因此，深入剖析沥青路面裂缝的形成原因，探索高效、快速的修复技术，不仅能提升道路使用性能，为车辆安全行驶提供保障，还能减少反复维修带来的成本支出，对公路养护与交通发展具有重要的现实意义。

1 沥青路面裂缝类型及特征

1.1 横向裂缝

横向裂缝的走向与道路中心线大致垂直，且间距不均，可分为荷载型与非荷载型两类。荷载型横向裂缝源于车辆荷载的反复作用，路面结构在受力时，基层底部会产生拉应力，当该应力超过基层材料的抗拉强度，基层底部便会开裂，并逐步向上延伸至路面。非荷载型横向裂缝则主要由温度变化诱发，冬季气温急剧下降时，沥青面层因收缩受限而产生拉应力，若此应力超过沥青材料的抗拉强度，路面就会出现横向裂缝。这两类裂缝成因不同，需针对性采取防治措施以保障道路性能。

1.2 纵向裂缝

纵向裂缝的走向基本与道路中心线平行，其形成主要有两方面原因^[1]。一方面与施工工艺相关，当摊铺宽度受限时需分幅作业，若两幅之间的接缝处理欠妥，在行车荷载持续作用下，接缝处易产生应力集中，进而引发纵向裂缝。另一方面源于路基不均匀沉降，例如道路两侧填土高度存在差异，或地基处理不彻底，在车辆荷载与雨水渗透、温度变化等自然因素共同影响下，路基

会发生不均匀变形，这种变形向上传导至路面，便形成了纵向裂缝。两类成因反映出施工质量控制与路基稳定性对路面结构的直接影响，需在工程建设中针对性加强管控。

1.3 网状裂缝

网状裂缝也称龟裂，表现为裂缝相互交错成网状。其形成通常是因路面长期承受超限车辆荷载，致使沥青面层发生疲劳破坏，而沥青材料老化、水损害等因素会加速这一进程。当路面出现局部网裂后，若不及时处置，雨水会渗入路面结构层，逐步削弱路面强度，促使裂缝持续扩展。这种病害不仅影响道路美观，还会显著降低路面使用性能，增加养护修复难度，因此需及时采取灌缝、罩面等措施进行处治，避免病害范围扩大，保障道路通行质量与使用寿命。

1.4 反射裂缝

反射裂缝是指基层先行开裂后，在车辆荷载与环境因素影响下，裂缝逐步向上反射至沥青面层的现象。这类裂缝在半刚性基层沥青路面较为常见，半刚性基层材料受温度变化及干燥收缩作用，易产生初始裂缝，这些裂缝会随时间推移逐渐向上扩展。当基层裂缝反射到面层后，不仅会影响路面外观，还可能成为水分渗入结构层的通道，加剧路基路面损坏。因此，针对反射裂缝需从基层材料选择、施工工艺优化等源头防控，同时对面层采取加铺应力吸收层等措施，延缓裂缝反射进程，提升路面结构耐久性。

2 沥青路面裂缝成因分析

2.1 设计因素

路面设计环节若存在结构组合不合理问题,如基层与面层厚度设计失当,导致路面难以有效抵御车辆荷载与环境作用,便容易引发裂缝病害^[2]。同时,设计时若对当地气候特征、交通流量等因素考量不足,也会直接影响路面使用寿命。以寒冷地区为例,若未充分评估低温对沥青路面的影响,选用抗低温性能欠佳的沥青材料,就极易催生温度裂缝。此类因设计缺陷埋下的隐患,不仅会缩短路面正常使用周期,还可能增加后期养护成本,因此在路面设计中需综合考量材料性能、结构力学特性与地域环境条件,通过科学配比与精准计算,构建更具耐久性的路面结构体系。

2.2 施工因素

施工质量是影响沥青路面裂缝产生的关键因素之一。在施工过程中,如果原材料质量不合格,如沥青的针入度、软化点等指标不符合要求,集料的级配不合理,都会降低路面的性能。施工工艺不当也会导致裂缝的产生,如摊铺温度过低,会使沥青混合料的压实度不足,容易出现早期裂缝;碾压过程中,压路机的碾压速度、遍数等参数控制不当,也会影响路面的压实质量。施工过程中,若接缝处理不到位,易在接缝处形成薄弱部位。车辆荷载反复作用下,此处因应力集中更易产生裂缝,影响路面整体性能与使用寿命,需在施工中强化接缝工艺管控。

2.3 环境因素

环境因素对沥青路面裂缝的产生有着重要影响。温度变化是导致沥青路面出现裂缝的主要环境因素之一。在高温季节,沥青路面会因受热膨胀而产生压应力,当压应力超过路面材料的抗压强度时,路面会出现拥包、推移等病害;在低温季节,沥青路面会因收缩而产生拉应力,当拉应力超过路面材料的抗拉强度时,路面就会出现裂缝。此外,雨水、冰雪等降水会渗入路面结构层,降低路面材料的强度和粘结力,加速路面裂缝的发展。紫外线辐射会使沥青材料老化,降低其柔韧性和抗疲劳性能,从而增加裂缝产生的可能性。

2.4 交通荷载因素

随着交通流量持续增加与车辆轴载不断攀升,沥青路面承受的荷载压力显著增大^[3]。车辆反复碾压会使路面材料逐渐产生疲劳损伤,进而引发裂缝并加速其扩展。尤其是重载、超载车辆的高频次通行,对路面结构造成的破坏更为严重。此外,车辆制动、启动等动态行为会在路面表层产生较大水平力,这种应力集中现象也易促使路面出现开裂。此类由交通荷载引发的病害,不

仅会降低路面使用性能,还可能诱发更严重的结构损坏,因此需通过强化超载治理、优化路面材料抗疲劳性能等措施,提升路面结构对荷载的耐受能力,延缓裂缝产生进程。

3 沥青路面裂缝快速修复技术

3.1 灌缝技术

灌缝技术是一种常用的裂缝修复方法,适用于宽度较小的横向裂缝和纵向裂缝。其原理是将灌缝材料注入裂缝中,填充裂缝空隙,防止雨水和杂物渗入,从而延缓裂缝的扩展。灌缝材料主要有热灌缝胶、冷灌缝胶等。热灌缝胶具有较好的粘结性和弹性,能够适应裂缝的伸缩变形,但施工时需要加热设备,施工工艺相对复杂。冷灌缝胶施工方便,不需要加热设备,但粘结性和弹性相对较差。在进行灌缝施工时,首先要对裂缝进行清理,去除裂缝内的杂物和灰尘,然后用灌缝设备将灌缝材料注入裂缝中,填充高度应略高于路面,以保证灌缝效果。

3.2 表面封层技术

表面封层技术是在沥青路面表面铺设一层薄薄的封层材料,以封闭路面裂缝,防止水分渗入,同时提高路面的抗滑性能和耐磨性。常见的表面封层技术有雾封层、微表处等。雾封层是将乳化沥青或改性乳化沥青通过喷洒设备均匀地喷洒在路面上,形成一层薄薄的封层。雾封层施工简单,成本较低,但使用寿命较短。微表处是将聚合物改性乳化沥青、集料、填料、水和添加剂等按一定比例混合,摊铺在路面上形成的封层。微表处具有良好的抗滑性能、防水性能和耐磨性,使用寿命较长,但施工工艺相对复杂,成本较高。

3.3 罩面技术

罩面技术是在原有沥青路面上加铺一层新的沥青面层,以修复路面病害,改善路面平整度和抗滑性能^[4]。根据罩面厚度的不同,可分为薄层罩面、中厚层罩面和厚层罩面。薄层罩面厚度一般为1.5~3cm,适用于轻度病害的路面;中厚层罩面厚度一般为3~5cm,适用于中度病害的路面;厚层罩面厚度一般大于5cm,适用于重度病害的路面。罩面施工时,要对原路面进行处理,如铣刨、清扫等,以保证新罩面层与原路面的粘结质量。同时,要选择合适的沥青混合料和施工工艺,确保罩面的质量和性能。

3.4 注浆技术

注浆技术是处理基层裂缝引发反射裂缝的有效手段,其核心原理是借助压力将浆液注入基层裂缝,填充

空隙以增强基层强度与稳定性,进而抑制反射裂缝产生。目前常用浆液包括水泥浆液和化学浆液两类:水泥浆液具有成本低、取材便捷的优势,但存在凝结时间长、早期强度提升缓慢的不足;化学浆液则凝结迅速、强度增长快,不过成本相对较高。在实际施工中,需依据裂缝的宽度、深度及发展状态,精准选择注浆压力与浆液配合比——对细微裂缝可采用较低压力并搭配高流动性浆液,而对于贯通性裂缝则需提高压力以确保浆液充分填充。通过科学适配工艺参数,既能保证注浆效果,又能兼顾经济性,为基层病害治理提供可靠技术支撑。

4 快速修复技术的选择与应用

4.1 裂缝类型与修复技术的匹配

针对不同类型的路面裂缝需采取差异化修复技术。对于宽度较小的横向与纵向裂缝,灌缝技术操作简便且效果显著,通过向裂缝内注入密封材料可有效阻止水分渗入和裂缝扩展;若出现网状裂缝或大面积轻微裂缝,表面封层技术更为适用,该技术通过在路面表层形成防护膜,既能封闭裂缝又能起到防水耐磨作用。当路面病害较为严重时,则需采用罩面技术或注浆技术:前者通过铺设新的沥青面层改善路面平整度与承载能力,后者适用于处理基层裂缝引发的反射裂缝,通过向基层注入浆液增强其强度与稳定性,从根源上解决问题。实际应用中,需精准判别裂缝类型与严重程度,例如针对基层问题导致的反射裂缝优先选用注浆技术,而路面功能衰减型病害则倾向于罩面修复,以此实现“对症下药”,提升裂缝修复的针对性与有效性。

4.2 考虑施工条件和时间限制

在挑选快速修复技术时,施工条件与时间限制是关键考量因素^[5]。若施工场地空间狭小、交通流量较大,需优先选用施工效率高且对交通影响较小的技术,像灌缝技术可快速封堵裂缝防止渗水,雾封层技术能在短时间内形成防护膜,两者均能实现快速开放交通。若施工时间充裕且路面病害较严重,如出现大面积网裂或磨损,则可采用罩面技术整体覆盖强化路面,或通过微表处技术填补车辙、恢复路面功能。此外,施工季节与天气状况也不容忽视,例如低温环境下,需选用低温适应性强的材料及工艺,确保修复材料能正常固化成型,避免因温度过低影响修复效果,从而依据实际条件精准匹配修复方案,提升路面快速修复的有效性与经济性。

4.3 成本效益分析

在选用快速修复技术时,开展成本效益分析至关重

要。不同修复技术的成本投入与使用寿命差异显著,需结合路面实际状况和使用需求,筛选出成本合理、效益最优的方案。例如,针对交通流量较小的次要道路,灌缝技术或雾封层技术因成本较低、施工便捷,能在满足基本修复需求的同时控制开支;而对于交通繁忙的重要干线,虽然罩面技术或微表处技术初期成本较高,但这类技术修复质量更优、使用寿命更长,从长期养护角度看,可减少重复维修频率,显著降低累计养护成本,同时提升道路通行效率与安全性。这种“因路制宜”的选择策略,既能避免资源浪费,又能确保修复投入获得最大化效益,为不同等级道路的养护决策提供科学依据。

5 结论与展望

沥青路面裂缝是道路工程中常见的病害,其成因复杂,涉及设计、施工、环境和交通荷载等多个方面。通过对裂缝类型和成因的分析,可以采取针对性的快速修复技术,如灌缝技术、表面封层技术、罩面技术和注浆技术等,以有效修复裂缝,延长路面使用寿命。在选择修复技术时,要综合考虑裂缝类型、施工条件、时间限制和成本效益等因素,确保修复效果和经济效益的最大化。未来,随着道路建设和养护技术的不断发展,沥青路面裂缝的防治技术也将不断创新。要加强对裂缝成因的研究,从源头上减少裂缝的产生。例如,通过优化路面设计、提高施工质量、选用高性能的路面材料等措施,提高沥青路面的抗裂性能。要不断研发新型的快速修复技术和材料,提高修复效率和质量。

参考文献

- [1]师晓静.高等级公路沥青路面裂缝病害原因分析与养护技术[J].中国公路,2019,(17):116-117.
- [2]柳淑珍.市政道路工程路基路面的规划设计研究[J].建材与装饰,2020,(02):287.
- [3]黄柳芬.重载道路沥青路面设计方法研究分析[J].中华建设,2023,(10):108-110.
- [4]王玉洁.沥青路面加热加铺薄层罩面技术研究[J].交通世界,2022,(08):58-59.
- [5]袁帅帅.装配式水泥混凝土铺面快速修复技术研究[D].河北工业大学,2022.

作者简介:何友松,出生年月:1988年9月,性别:男,民族:汉族,籍贯:四川渠县,学历:大学本科,职称:(助理工程师),研究方向:道路与桥梁(含隧道)工程。